

第十一章 使用说明

11.0 功能号

- 1: 一般 NURBS 曲线;
- 2: $k-1$ 阶参数连续 k 次 NURBS 闭曲线;
- 3: 含无限远控制顶点的二次曲线;
- 4: 含无限远控制顶点的三次曲线;
- 5: 圆弧的二次 NURBS 表示;
- 10: 一般 NURBS 曲面。

11.1 曲线类型选择

11.1.1 一般 NURBS 曲线

点击菜单“曲线类型选择→一般 NURBS 曲线”，弹出“鼠标输入控制顶点”或“键盘输入控制顶点”次级菜单，选择其一，譬如选择“鼠标输入控制顶点”后，即可用鼠标输入控制顶点。输入点数不受限制，输入完毕，右击退出，会弹出一个消息框“请依次输入每个顶点的权因子”，逐个在弹出的“输入权因子”对话框中，不改变序号编辑框中的序号，仅在权因子编辑框中输入该序号的权因子，权因子输完后，又会弹出“输入次数”对话框，输入次数后，按“确定”按钮退出，即生成并显示由输入顶点、权因子和次数定义取缺省节点矢量的一条 NURBS 曲线。

若在前选择“键盘输入控制顶点”，会弹出“输入点坐标”对话框，即可用键盘输入。输入完后，按“结束”按钮退出，会弹出一个消息框“请依次输入每个顶点的权因子。”逐个在弹出的“输入权因子”对话框中，不改变序号编辑框中的序号，仅在权因子编辑框中输入该序号的权因子，权因子输完后，又会弹出“输入次数”对话框，输入次数后，按“确定”按钮退出，即生成并显示由输入顶点、权因子和次数定义取缺省的准均匀节点矢量类型下的一条 NURBS 曲线。

曲线两端点之一画有红色箭头者为曲线始点，箭头方向表示曲线在始点的切线方向。在屏幕的中下方并数值显示各控制顶点的权因子值。

11.1.2 $k-1$ 阶参数连续 k 次 NURBS 闭曲线

点击菜单“曲线类型选择→一般 NURBS 曲线”，弹出次级菜单：鼠标输入控制顶点或键盘输入控制顶点，选择其一，譬如选择鼠标输入控制顶点后，即可用鼠标输入控制顶点。输入点数不受限制，输入完毕，右击退出，会弹出一个消息框“请依次输入每个顶点的权因子。”逐个在弹出的“输入权因子”对话框中，不改变序号编辑框中的序号，仅在权因子编辑框中输入该序号的权因子，权因子输完后，又会弹出“输入次数”对话框，输入次数后，按“确定”按钮退出，即生成并显示由输入顶点、权因子和次数定义取缺省节点矢量的一条 $k-1$ 阶参数连续 k 次 NURBS 闭曲线。

若在前选择“键盘输入控制顶点”，会弹出“输入点坐标”对话框，即可用键盘输入。输入完后，按“结束”按钮退出，会弹出一个消息框“请依次输入每个顶点的权因子。”逐个在弹出的“输入权因子”对话框中，不改变序号编辑框中的序号，仅在权因子编辑框中输入该序号的权因子，权因子输完后，又会弹出“输入次数”对话框，输入次数后，按“确定”

按钮退出，即生成并显示由输入顶点、权因子和次数定义取缺省的准均匀节点矢量类型下的一条 $k-1$ 阶参数连续 k 次 NURBS 闭曲线。

控制顶点之一画有红色箭头者为首顶点，箭头方向表示控制多边形的方向。曲线上画有小正方的点为曲线的始末点。在屏幕的中下方并数值显示各控制顶点的权因子值。

11.1.3 含无限远控制顶点的二次曲线

点击菜单“曲线类型选择→含无限远控制顶点的二次曲线”，弹出“鼠标输入控制顶点”或“键盘输入控制顶点”次级菜单，选择其一，都会弹出一个消息框“请按首末控制顶点、始端置于首末控制顶点连线中点的方向矢量末端点顺序输入三点！”按提示操作即可。输入完毕，即生成并显示由首末控制顶点与方向矢量定义的有理二次贝齐尔曲线。如果方向矢量垂直于首末控制顶点连线，且模长等于首末控制顶点连线长度之半，则所定义的有理二次贝齐尔曲线就是半圆，否则，都是半椭圆。

11.1.4 含无限远控制顶点的三次曲线

点击菜单“曲线类型选择→含无限远控制顶点的三次曲线”，弹出“鼠标输入控制顶点”或“键盘输入控制顶点”次级菜单，选择其一，都会弹出一个消息框“请按首末控制顶点、始端置于首控制顶点的第一方向矢量末端点、始端置于末控制顶点的第二方向矢量末端点顺序输入四点！”，按提示操作即可。输入完毕，即生成并显示由首末控制顶点与两个方向矢量定义的有理三次贝齐尔曲线。

11.1.5 圆弧的二次 NURBS 表示

点击菜单“曲线类型选择→圆弧的二次 NURBS 表示”，弹出“鼠标输入首末端点”或“键盘输入首末端点”次级菜单，选择其一，输入完后，会弹出“输入圆心角”对话框，请细看三条注（①逆时针旋转圆弧为正，可不给出“+”号，顺时针旋转圆弧为负，必须给出“-”号。②输入角度的绝对值范围为(0,360),不含 0。③若输入绝对值 360 为整圆，这时前面输入的首末点则变为圆心与整圆首末相重点）。输入圆心角后，即生成并显示所定义圆弧的二次 NURBS 表示。可注意到，对应四种角度范围的圆弧的二次 NURBS 表示是不同的。特别地，对于整圆，首末端点重合成了一点，不足以定义整圆。如“输入圆心角对话框”的注③所提，如果输入圆心角绝对值等于 360° ，表示整圆，这时前面输入的首末端点则依次变为圆心和圆上的首末重合点。

注意，只有画有小正方形的点才是控制顶点。

圆弧两端点之一画有红色箭头者为圆弧始点，箭头方向表示圆弧在始点的切线方向。在屏幕的中下方并数值显示各控制顶点的权因子值。

11.2 曲线属性操作

11.2.1 修改控制顶点和权因子

当生成显示一般 NURBS 曲线情况下，单击菜单项，弹出“输入待修改顶点序号”对话框，输入序号退出后，即弹出“修改控制顶点和权因子”对话框，编辑框中显示指定序号顶点的当前坐标与权因子，顶点序号不要改变，用户可以或改变控制顶点或改变权因子，也可两者同时改变，输入退出后，即生成并显示形状相应发生改变的 NURBS 曲线。

11.2.2 改变权因子

当生成显示一般 NURBS 曲线情况下，单击菜单项，弹出 WI 滑块控件对话框，其中编

编辑框和滑块显示的是上次修改的顶点权因子值，若是首次修改，则是缺省顶点权因子值。用户可改取任一顶点，改变编辑框中的权因子值或移动滑块改变该顶点的权因子，按“确定”按钮退出后，即生成并显示该顶点在所取权因子下的 NURBS。移动滑块修改的好处是，移动滑块的同时编辑框中的权因子值实时发生变化，但反之改变编辑框中的权因子值，滑块位置不能发生相应改变，需到下次打开该对话框时才能见到滑块位置发生的相应改变。滑块移动范围限制在 $[-5, 5]$ 之间。如果希望超出该范围，则可改选“修改控制顶点和权因子”菜单项。

11.2.3 改变次数

当生成显示一般 NURBS 曲线情况下，单击菜单项，弹出输入 NURBS 曲线次数对话框，编辑框中显示的是当前曲线次数，输入新的次数，按“确定”按钮退出，即生成并显示输入次数下形状发生改变的 NURBS 曲线。

11.2.4 改变节点矢量类型

当生成显示一般 NURBS 曲线情况下，单击菜单项，弹出“选择节点矢量类型”对话框，任选一种类型，按“确定”按钮退出后，即生成在该种类型节点矢量下的形状发生了改变的 NURBS 曲线。且在屏幕中下方显示该种类型节点矢量。

若选择的节点矢量类型是非固支类型例如均匀类型，曲线始点将不与首顶点重合，这时带有小红色箭头的那点表示首顶点，不表示曲线始点。

11.2.5 计算显示曲线上点与导矢

单击菜单项，弹出“输入参数值与导矢阶数”对话框，输入退出后，即显示所取参数的曲线的那点，并显示所取导矢阶数的曲线导矢及其坐标分量值。

特别地，若输入的参数值 u 为内节点值，则将会弹出内节点值导矢选择对话框，如直接按确定按钮退出，即默认情况下将计算输出右导矢，也可通过单选钮改为点选计算左导矢，则输出左导矢。左右导矢有可能相等，也有可能不相等即不连续，取决于次数、节点重复度与导矢阶数。

11.2.6 权因子的几何意义

当生成显示一般 NURBS 曲线情况下，单击菜单项，一般情况下将立即显示四条不同颜色的曲线，若首次显示，这四条曲线是指控制顶点和其他权因子不变，仅改变缺省指定顶点的权因子为三个固定值： 0 、 1 、 ∞ 与一个变化值（指原来该顶点的权因子）时生成的四条曲线，其中一条缩成一个点即指定顶点。又取同一参数值得到另三条曲线上各一个点，用“+”标记，这四点必然是共线的，四点的交比等于取变化值的那个权因子。

11.2.7 改变顶点序号与参数值

在显示权因子的几何意义的情况下，单击菜单项，如果顶点序号不变，仅改变参数值，则四条曲线不变，除顶点外得到其他三条曲线上另外三点，与指定顶点形成又一个共线四点，保持交比不变。如改变顶点序号，参数值不变，则将生成不同的四条曲线及得到再一个共线四点，其交比就是序号改变所指顶点取变化值的权因子。也可同时改变顶点序号与参数值。

11.2.8 键盘输入改变方向矢量 1

在生成显示含无限远控制顶点的二次曲线情况下，单击菜单项，将弹出改变方向矢量 1 对话框，编辑框中显示的是方向矢量的当前值，输入新坐标分量后退出，即生成并显示所取

方向矢量下形状发生了改变的曲线。

11.2.9 键盘输入改变方向矢量 2

在生成显示含无限远控制顶点的三次曲线情况下，单击菜单项，将弹出改变方向矢量 2 对话框，编辑框中显示的是首末端方向矢量的当前值，输入新坐标分量后退出，即生成并显示所取首末端方向矢量下形状发生了改变的曲线。

11.2.10 改变圆心角

在生成显示圆弧的二次 NURBS 表示情况下，单击菜单项，可输入新的圆心角，生成并显示圆弧首末点不变在新圆心角下的二次 NURBS 表示的圆弧。

11.2.11 显示曲率

单击菜单项，生成并显示当前曲线的相对曲率图。有理三次与 n 次贝齐尔曲线暂不能显示。

11.2.12 返回原 NURBS 曲线

在生成显示一般 NURBS 曲线情况下，可能因属性操作改变了形状或显示，单击菜单项，可返回初始生成的 NURBS 曲线。

单击菜单项，即在屏幕右下部显示当前曲线随参数变化的相对曲率图。

11.3 曲面类型选择

11.3.1 一般 NURBS 曲面

点击菜单“曲面类型选择→一般 NURBS 曲面”，弹出“鼠标输入控制顶点”或“键盘输入控制顶点”次级菜单，选择其一，都会弹出“输入两参数方向的控制顶点数”对话框。输入两顶点数后，若在前选择“鼠标输入控制顶点”，即可用鼠标输入控制顶点。若在前选择键盘输入控制顶点，会弹出“输入点坐标”对话框，即可用键盘输入。输入完控制顶点后，会依次弹出“输入曲面权因子”对话框，两个序号编辑框不要改变，直接在权因子编辑框中输入所希望的该序号权因子值。逐个权因子输入完毕后，将弹出输入 u 、 v 参数次数对话框，输入完退出后，即生成并显示在缺省的准均匀节点矢量类型下的 NURBS 曲面。第四视区并显示两个参数方向的节点矢量，还数值显示各控制顶点的权因子值。

11.4 曲面属性操作

11.4.1 修改曲面控制顶点与权因子

在显示曲面三视图或投影图情况下，单击菜单项，弹出“输入待修改曲面顶点序号”对话框，输入完序号退出后，又弹出“修改曲面控制顶点与权因子”对话框，显示所取序号那个顶点的三坐标及权因子，左边两序号编辑框不要改动，可修改三坐标或权因子，也可同时修改两者，修改完退出后，即生成并显示形状发生了改变的 NURBS 曲面。

11.4.2 修改曲面次数

在显示曲面三视图或投影图情况下，单击菜单项，弹出“输入 u 、 v 参数次数”对话框，编辑框中显示的是当前次数，输入完新次数退出后，即生成并显示所取次数与其他定义数据不变下形状发生了改变的 NURBS 曲面。

11.4.3 改变曲面类型

在显示曲面三视图或投影图情况下，单击菜单项，弹出“选择 u 、 v 向曲面类型”对话框，编辑框中显示的是当前 u 、 v 向曲面类型，若是首次单击菜单项，这当前 u 、 v 向曲面类型即缺省的准均匀曲面类型，可输入新类型后按“确定”按钮退出，即生成并显示所取类型次数与其他定义数据不变下形状发生了改变的 NURBS 曲面。

11.4.4 计算显示/隐藏曲面上点与偏导矢

在显示曲面三视图或投影图情况下，单击菜单项，弹出“输入两参数与偏导矢阶数”对话框，输入完退出后，即生成并显示所取两参数决定的曲面上一点及附着在该点的关于两参数偏导阶数的一个偏导矢，在三视图第四视区右下方并数值显示该偏导矢的坐标值。关于两参数的单向偏导矢可计算显示任意阶数的。但混合偏导矢只能计算显示二阶的，高于二阶的暂不能计算显示。

在显示曲面偏导矢后，若再点击本菜单项，则显示隐藏或者说消失。

特别地，若输入的两个参数值之一的 U 参数值，为 U 内节点值，另一个 V 参数值非 V 内节点值，则将会弹出“ U 内节点值导矢选择”对话框，如直接按“确定”按钮退出，即默认情况下将计算输出右 u 偏导矢，也可通过单选钮改为点选“计算左 u 偏导矢”，则输出左 u 偏导矢。左右 u 偏导矢有可能相等，也有可能不相等即不连续，取决于 U 参数次数、该 U 内节点重复度与 u 偏导矢阶数。类似地若输入的两个参数值之一的 V 参数值，为 V 内节点值，另一个 U 参数值非 U 内节点值，则将会弹出 V 内节点值导矢选择对话框，如直接按“确定”按钮退出，即默认情况下将计算输出右 v 偏导矢，也可通过单选钮改为点选“计算左 v 偏导矢”，则输出左 v 偏导矢。左右 v 偏导矢有可能相等，也有可能不相等即不连续，取决于 V 参数次数、该 V 内节点重复度与 v 偏导矢阶数。若输入的 U 、 V 两个参数值分别是 U 、 V 内节点值，则将先弹出“ U 内节点值导矢选择”对话框，后弹出“ V 内节点值导矢选择”对话框，将有四种选择组合，计算输出将是右 u 右 v 、左 u 左 v 、右 u 左 v 、左 u 右 v 四种偏导矢之一。

11.4.5 曲面权因子的几何意义

在显示曲面三视图或投影图情况下，单击菜单项，将显示线色为绿、黄、品红三张曲面，分别为程序内部设定的某个顶点 d_{ij} 的是权因子为 0、1 与当前值，第四张曲面权因子为 $\omega \rightarrow \infty$ 曲面缩到顶点 d_{ij} ，在该顶点与三张曲面上画有“+”标记表示四张曲面上共四个点，这共线四点的交比即品红色曲面该顶点的权因子值。

注意：必须至少一个参数方向控制顶点数大于 2，否则不能显示。

11.4.6 显示投影图

在显示曲面三视图情况下，单击菜单项，将该改为显示曲面投影图，从而可进行视图与工具栏工具按钮操作。

11.4.7 返回三视图

在显示投影图情况下，单击菜单项，将返回显示三视图。

11.5 视图与工具栏工具按钮操作

在显示曲面投影图情况下，点击顶层菜单中“视图”，弹出次级菜单，包含放大、缩小、还原，左旋、右旋、上旋、下旋共七项操作，将分别使图形放大、缩小、还原、向左旋转、

向右旋转、向上旋转、向下旋转。工具栏按钮中带“+”“-”及空白放大镜按钮分别表示放大、缩小、还原。左箭头、右箭头、上箭头、下箭头分别表示左旋、右旋、上旋、下旋，与视图菜单七个操作有同样的功能。

11.6 鼠标拖动顶点实时修改曲线或曲面形状

在显示一般 NURBS 曲线或 $k-1$ 阶参数连续 k 次 NURBS 闭曲线或一般 NURBS 曲面三视图的情况下，可用鼠标指到某个要移动的控制顶点，按住左键不放，移动鼠标同时该控制顶点跟随移动，曲线或曲面形状随之发生实时改变，至希望到达的位置松开鼠标，即得该控制顶点在新位置下改变了形状的相应类型 NURBS 曲线或一般 NURBS 曲面。

11.7 右键菜单操作

对于生成的 NURBS 曲线曲面，除可直接用鼠标拖动控制顶点修改曲线曲面外，还可以移动鼠标指到某个控制顶点，单击，所指顶点改变颜色，表示选中，再右击，弹出右键菜单，点击唯一的菜单项“修改顶点与权因子”，对于曲线将弹出“修改顶点与权因子”对话框，对话框的各编辑框中显示的依次是：所选中顶点序号，顶点的 x 、 y 两坐标及其权因子。可对控制顶点两坐标与权因子进行修改操作，按“确定”按钮退出，相应地曲线发生改变；对于曲面将弹出“修改顶点与权因子”对话框，对话框的各编辑框中显示的依次是：所选中顶点两个方向序号，顶点的 x 、 y 、 z 三坐标及其权因子。可对控制顶点三坐标与权因子进行修改操作，按“确定”按钮退出，相应地曲面发生改变。